

Multisensorische Interaktive Systeme

Räumliche Assistenzsysteme und sportliche Roboter

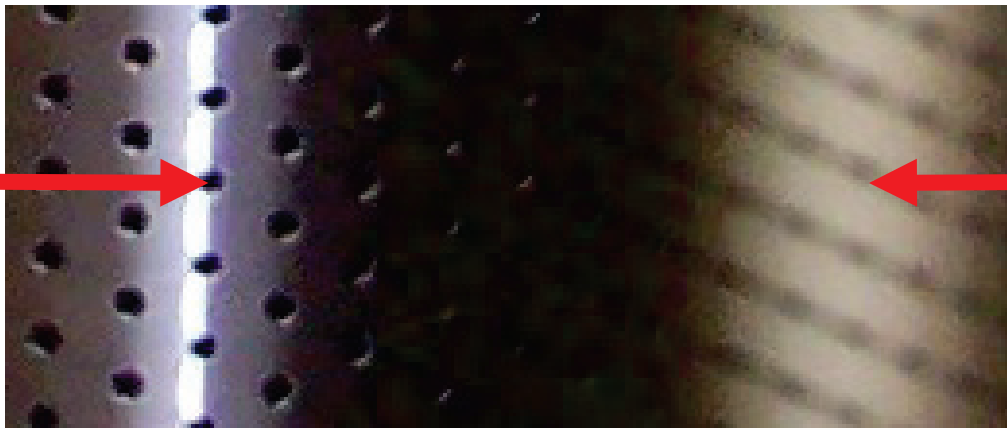
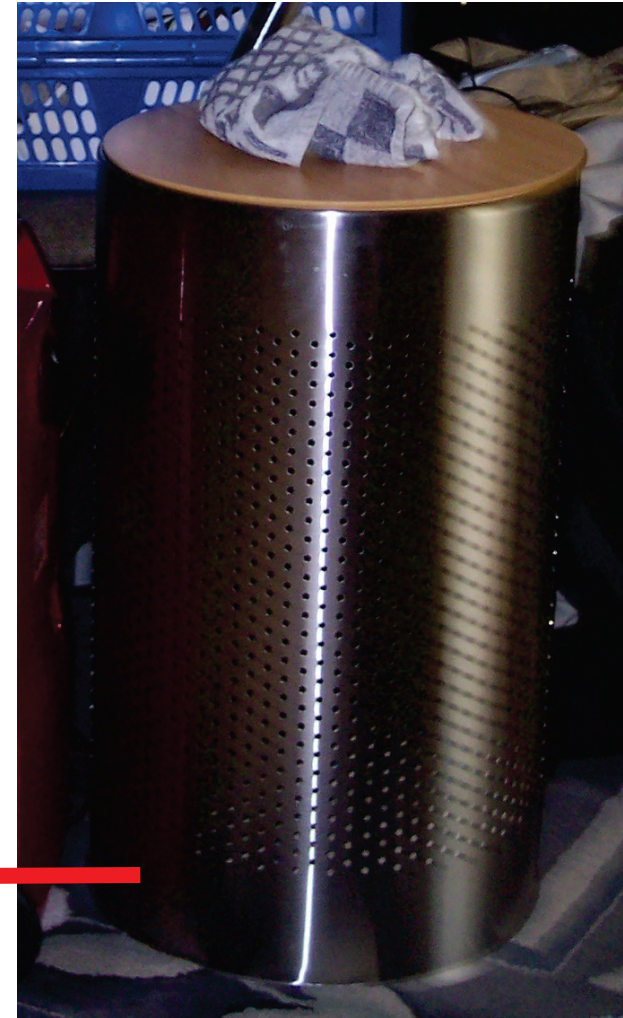
Bremen, 2.5.2012

Udo Frese



Ausgangspunkt

- Sensordaten sind anders,
- denn sie werden beeinflusst von der überwältigenden Vielzahl an Phänomenen, die die Wirklichkeit zu bieten hat.



Ausgangspunkt

- zentrale Herausforderung: Unsicherheit
- zentraler probabilistischer Ansatz:
 - wahrscheinlichste Wirklichkeit, gegeben, dass wir beobachtet haben, was wir beobachtet haben

$$\arg \max_x p(X = x \mid Z = z)$$

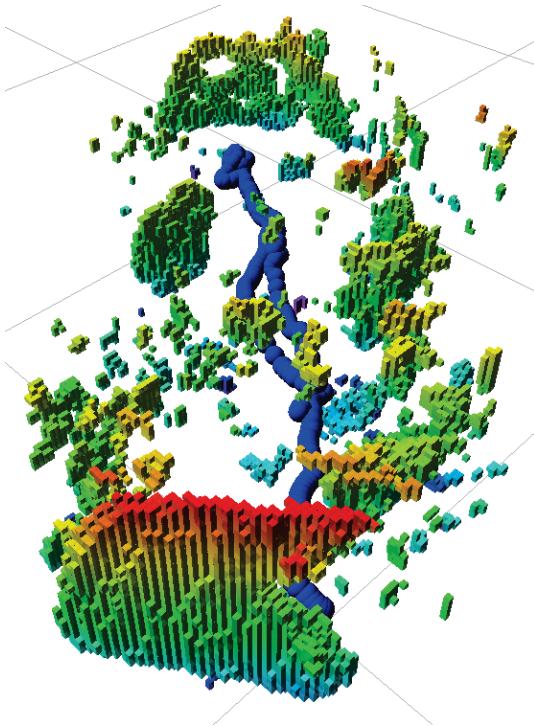
Ausgangspunkt

$$= \arg \max_x p(X = x) \prod_i p(Z_i = z_i | X = x)$$

- Fusion multipler Sensordaten Z_i
 - verschiedene Sensoren
 - verschiedene Zeitpunkte
 - verschiedene Aspekte z.B. eines Bildes

Multisensorische Interaktive Systeme

Räumliche
Assistenzsysteme



Sichere
Sensorfusion

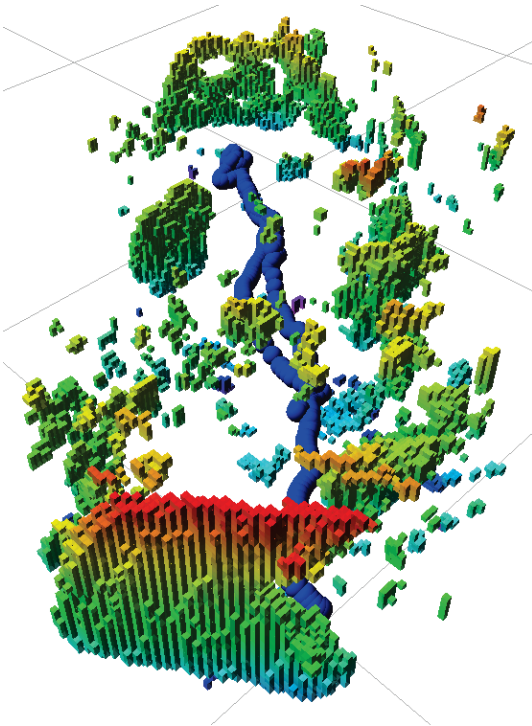


Sportliche
Roboter

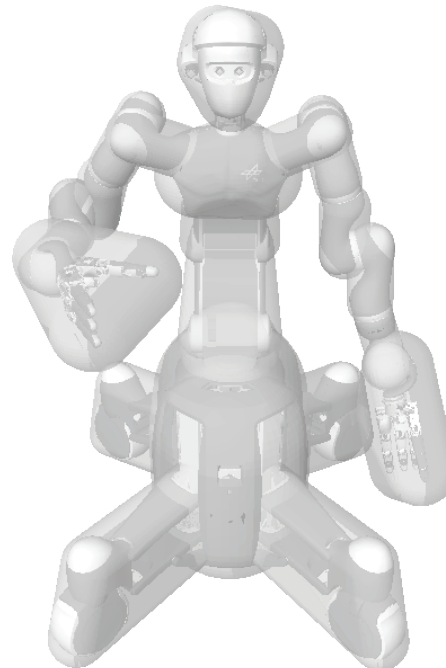


Räumliche Assistenzsysteme

Räumliche
Assistenzsysteme



Sichere
Sensorfusion

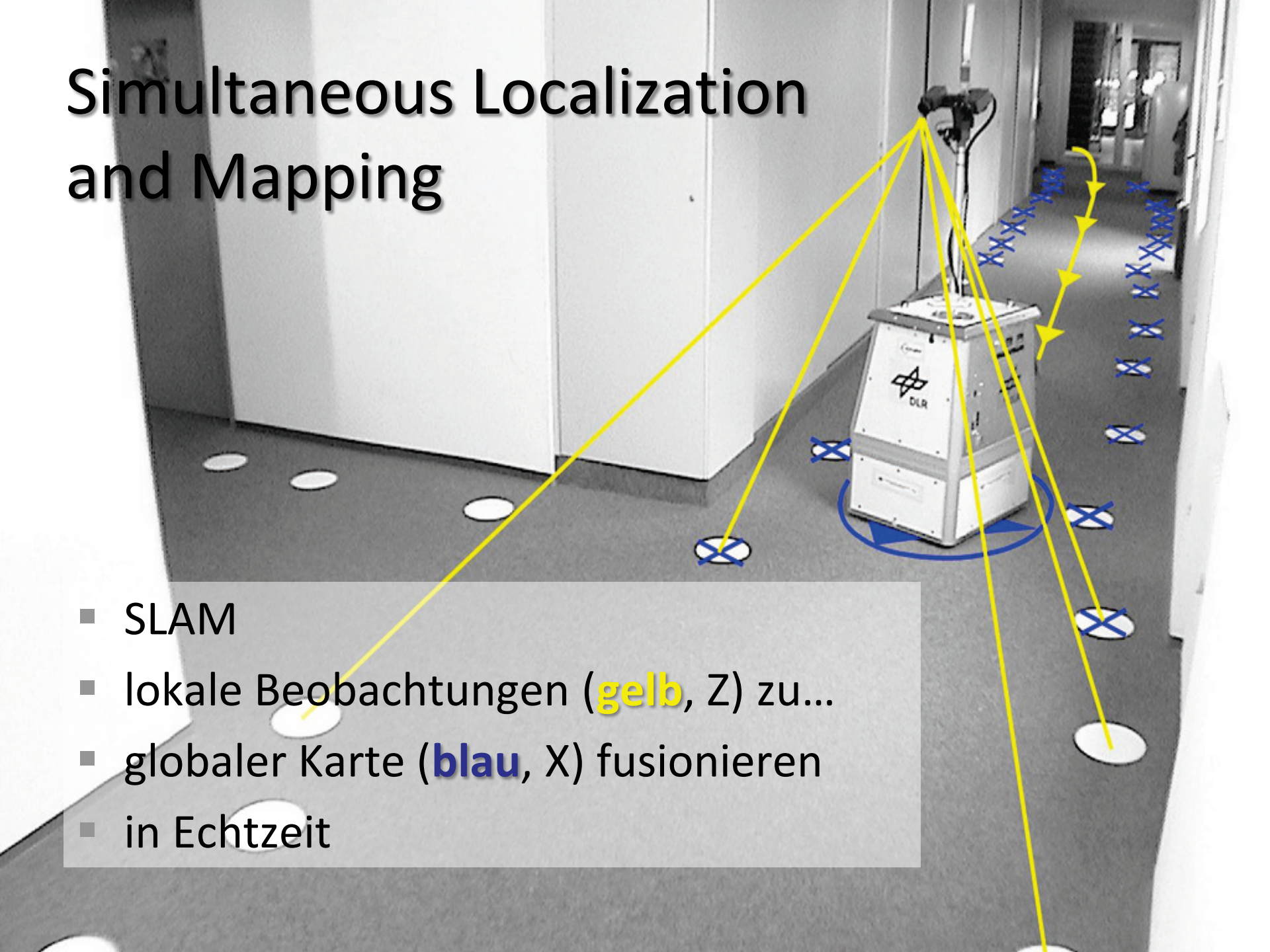


Sportliche
Roboter



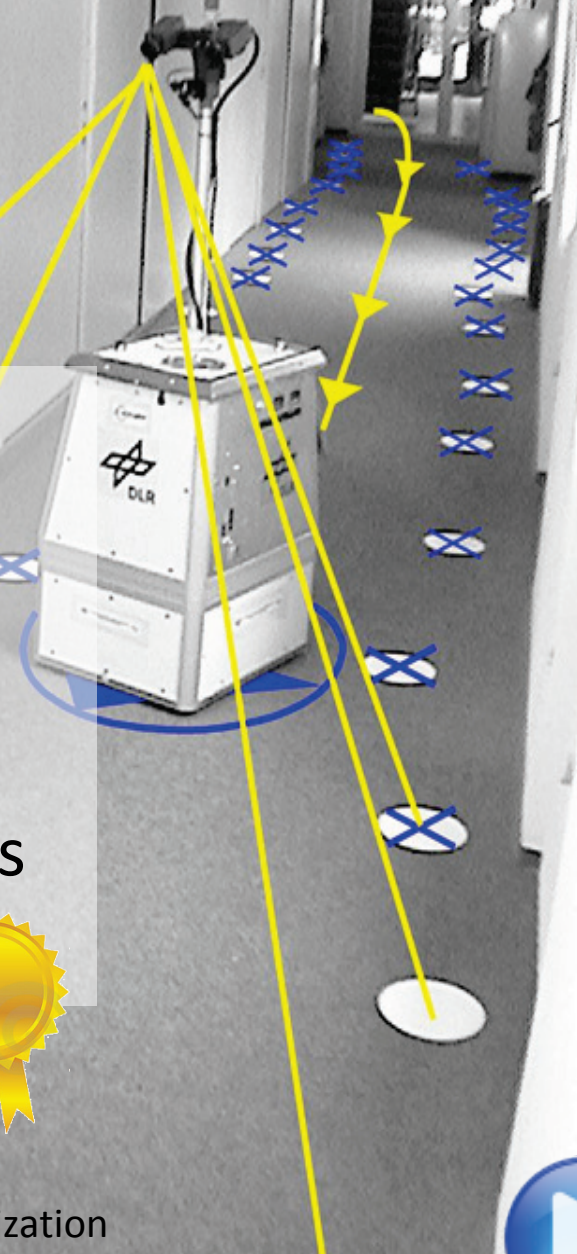
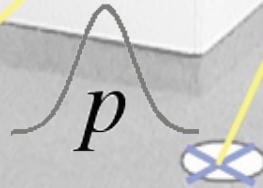
Simultaneous Localization and Mapping

- SLAM
- lokale Beobachtungen (**gelb**, Z) zu...
- globaler Karte (**blau**, X) fusionieren
- in Echtzeit



Simultaneous Localization and Mapping

- zu Beginn (1998-2006):
 - jeder Punkt 2D
 - Gaußsches Rauschen
 - X hochdimensional
- hocheffizienter Treemap Algorithmus
- Rekord: 1 Millionen Landmarken



U. Frese and L. Schröder. Closing a million-landmarks loop. *IROS*, 2006

U. Frese. Treemap: An $O(\log n)$ algorithm for indoor simultaneous localization and mapping, *Autonomous Robots*, 21(2):103–122, 2006.



Theorie von SLAM

- "SLAM is solved", Sebastian Thrun
- mein Beitrag: näherungsweise Dünnsbesetztheit der SLAM-Matrix,
 - grundlegendes Diskussionspapier
 - 122× zitiert
 - später formal bewiesen
- umgesetzt in: Open-Source-Bibliothek
 - treemap/MTK
 - www.openslam.org



U. Frese and G. Hirzinger. Simultaneous localization and mapping - a discussion. In *IJCAI Workshop on Reasoning with Uncertainty in Robotics*, Seattle, 2001

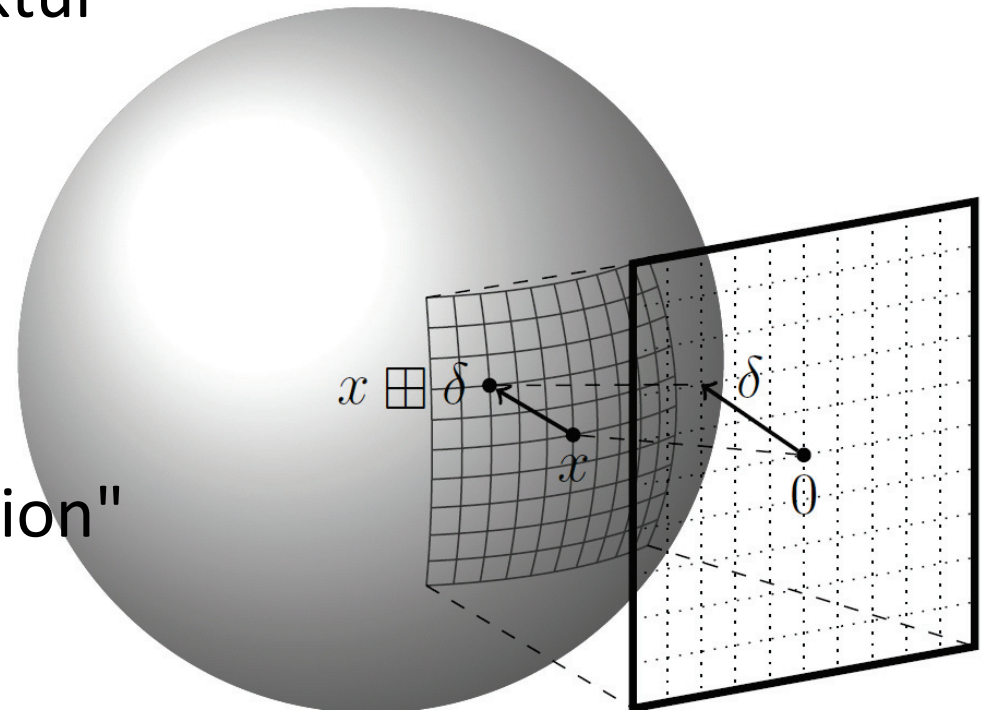
U. Frese. A proof for the approximate sparsity of SLAM information matrices. ICRA, 2005



Theorie von SLAM

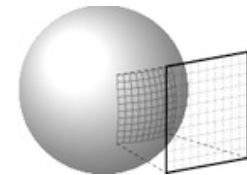
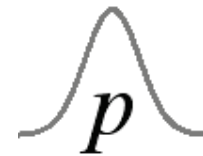
Sensorfusion auf Mannigfaltigkeiten

- Verkapselung der Struktur
- \boxplus statt +
- \boxminus statt -
- vier Axiome
- Lehrveranstaltung
"Theorie der Sensorfusion"



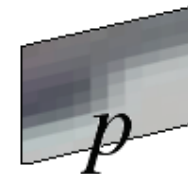
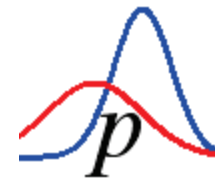
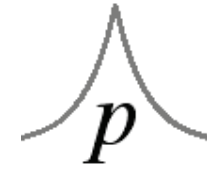
Ziel: Open-Source-Bibliothek für Sensorfusion

- Nutzer modelliert p Wirklichkeit (X) und Sensoren (Z)
- Bibliothek macht Inferenz $\arg \max_x p(X=x | Z=z)$
- unterstützt
 - Messfunktionen mit Gaußschem Rauschen
 - Dünnbesetztheit
 - Mannigfaltigkeiten



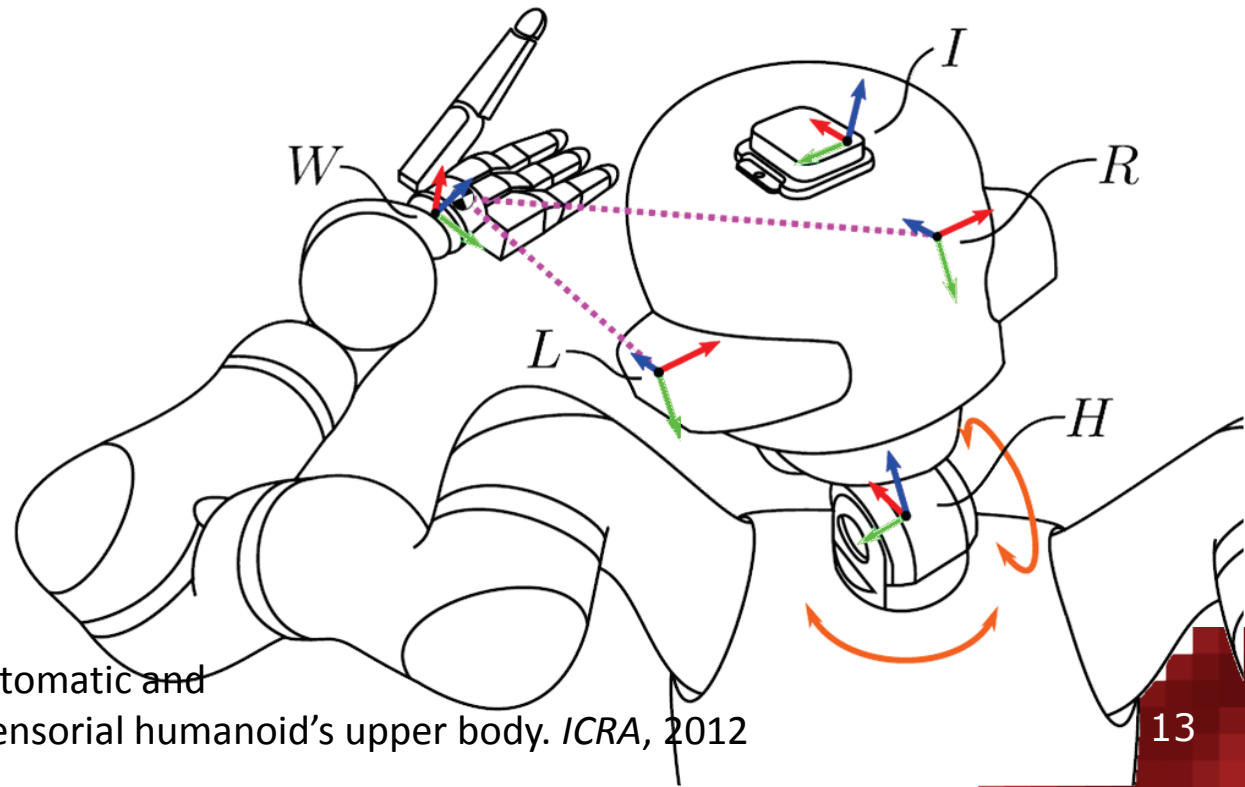
Ziel: Open-Source-Bibliothek für Sensorfusion

- Ziel:
 - andere Verteilungen (robuste Schätzung)
 - diskret-kontinuierliches X
 - kognitiv-vollprobabilistisches p (folgt später)



Anwendung: Lernen eines Selbstmodells

- Roboter bewegt Arme und Kopf
- lernt daraus Kamera-, IMU-Pose und Armdurchbiegung

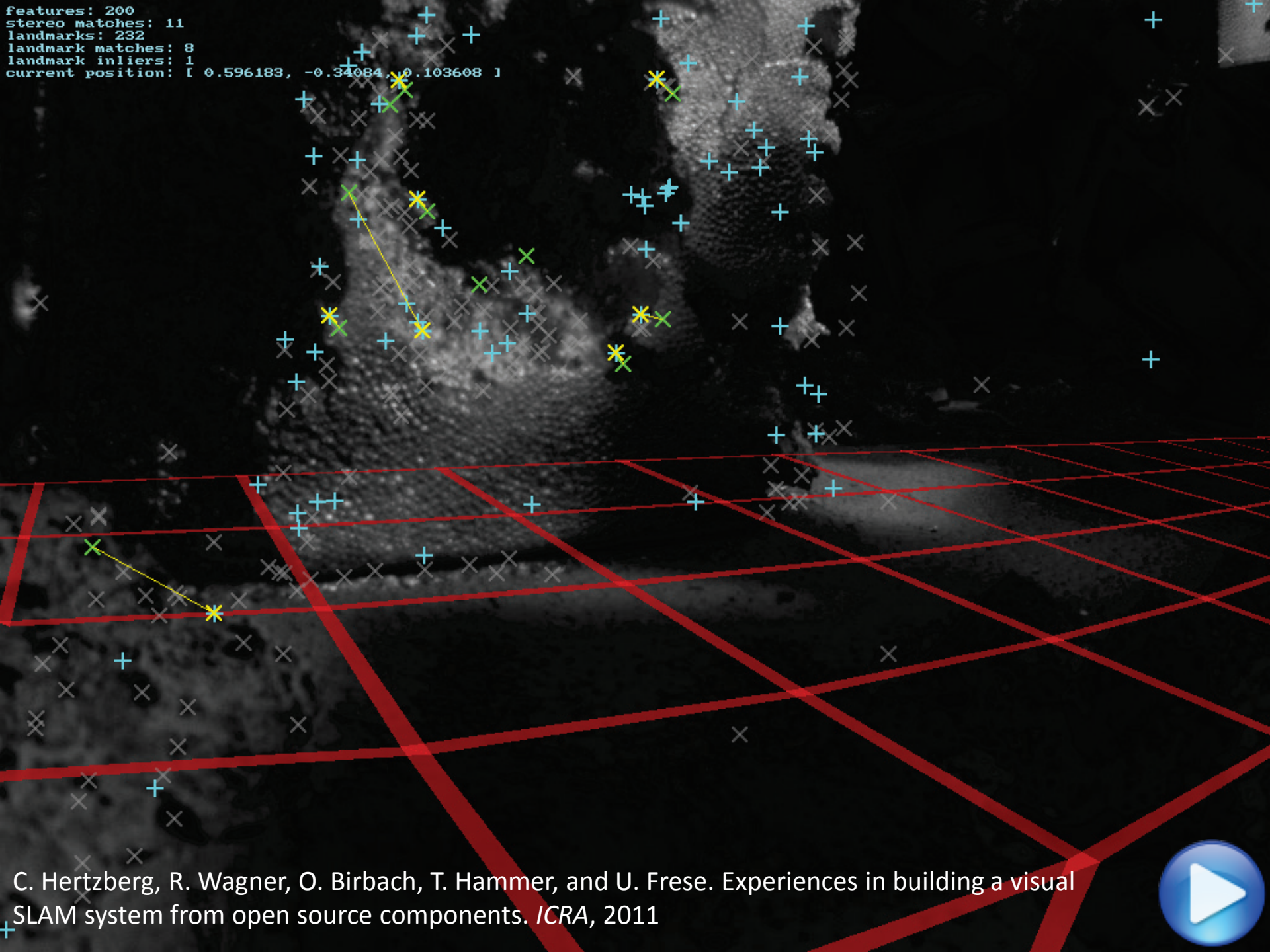


Anwendung: Lokalisation von Verschütteten

Anwendung: Lokalisation von Verschütteten

- kognitive Prozesse beim Operator berücksichtigen (\Rightarrow SFB/TR 8)
- 3D-Modell zur räumlichen Orientierung
- Kooperation mit Technischem Hilfswerk
- interaktive Assistenz für den Operator
- nicht autonome Suche

features: 200
stereo matches: 11
landmarks: 232
landmark matches: 8
landmark inliers: 1
current position: [0.596183, -0.34084, 0.103608]



C. Hertzberg, R. Wagner, O. Birbach, T. Hammer, and U. Frese. Experiences in building a visual SLAM system from open source components. *ICRA*, 2011



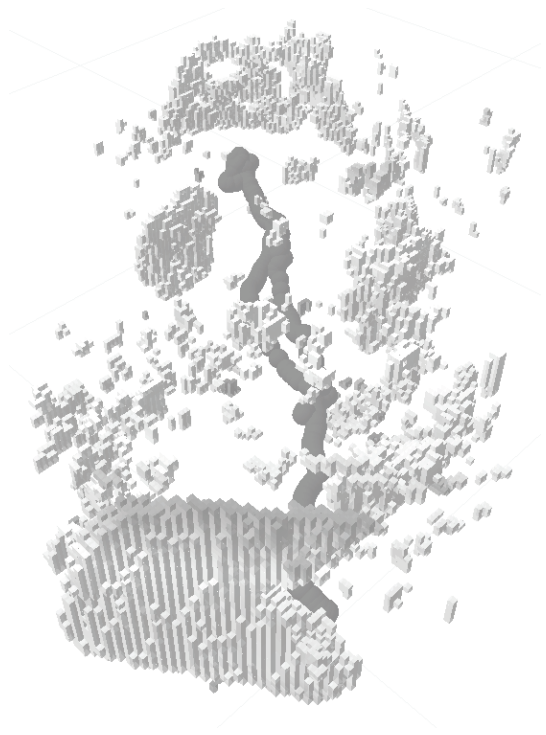
Trägerplattform: "Lindauer Schere"

- JT-elektronik GmbH, Lindau
- Inspektion von Abwasserrohrsystemen
- Adaption für Rettungswesen



Sichere Sensorfusion

Räumliche
Assistenzsysteme



Sichere
Sensorfusion



Sportliche
Roboter



Industrieprojekte



- Stereovision for Grasping by Humanoids (Graspy)
 - EU 7th Framework, 2010-12, Fa. Aldebaran Robotics
- Sicherheitskomponente für autonome mobile Serviceroboter (SAMS)
 - BMBF Servicerobotik, 2006-09, Fa. Leuze electronic
- Sicherer Kegelscanner (iGEL)
 - BMBF, KMU-innovativ, 2010-11, Fa. Götting
- Gutachten über einen Odometriealgorithmus
 - Auftrag der Fa. Deuta

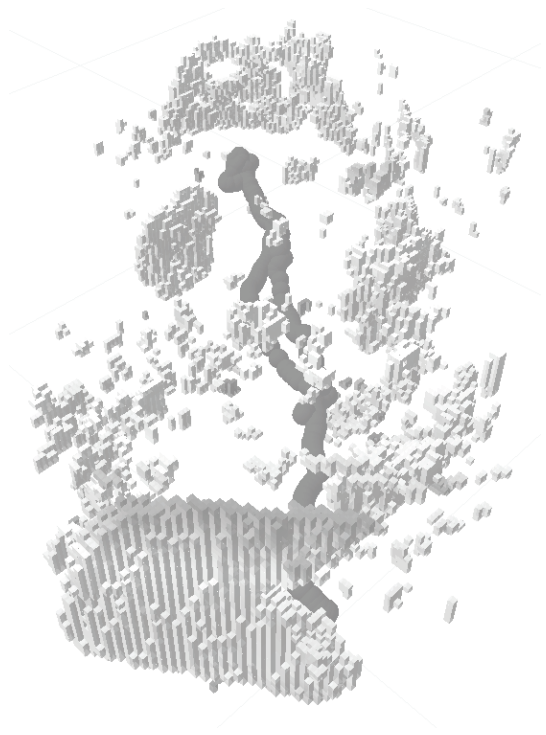
Industrieprojekte

- "Verfahren zur Vermeidung von Kollisionen gesteuert bewegter Anlagenteile, insbesondere von Roboterarmen und Fahrzeugen"
 - Patent (eingereicht)
- Diplomarbeiten
 - Fa. Bosch
 - Fa. bvSys

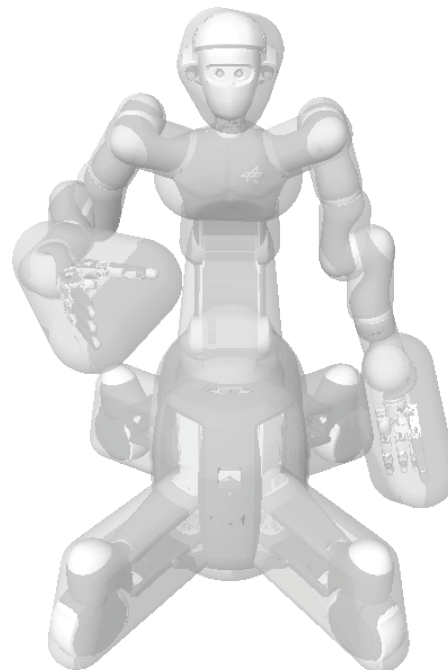


Sportliche Roboter

Räumliche
Assistenzsysteme



Sichere
Sensorfusion



Sportliche
Roboter





ΔPP
KNAPP.com

rch

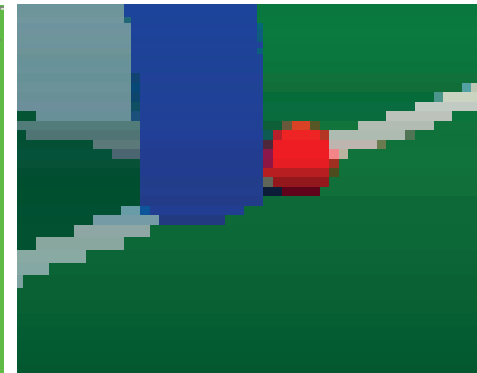
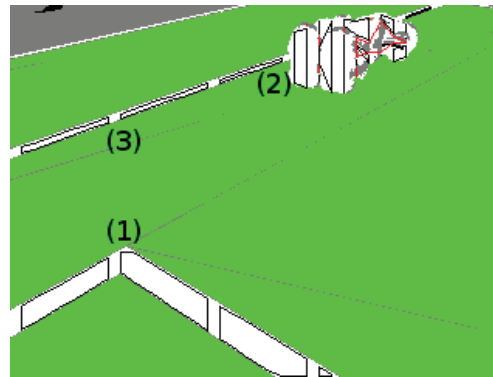
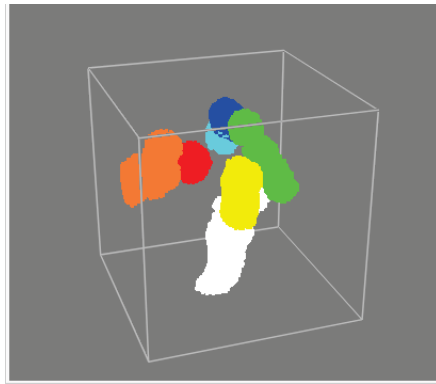


B-Human

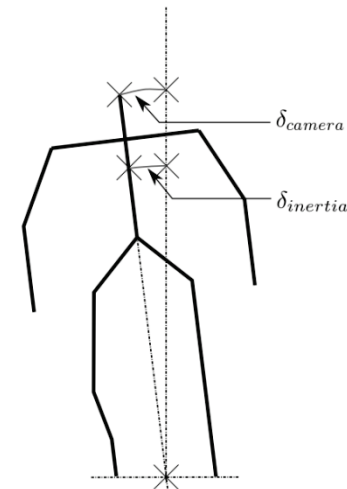
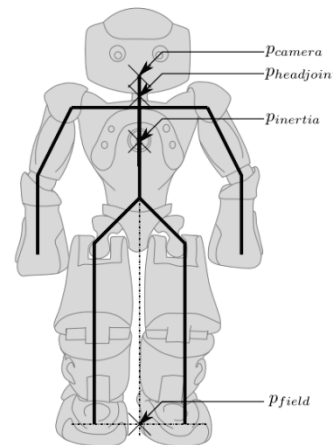
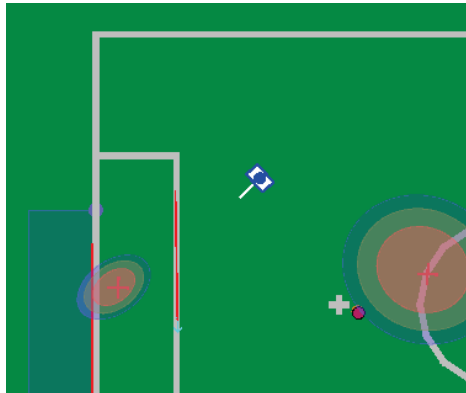


B-Human und Lehre

■ Echtzeitbildverarbeitung



■ Theorie der Sensorfusion



Warum sollten Roboter Sport treiben?



IAPP
KNAPP.com

rch



Warum sollten Roboter Sport treiben?

Ein (kleiner) kultureller Beitrag

Verhältnis zwischen Mensch und Maschine...

...auf einer Ebene, die jeder beurteilen kann

Diskussion am Stand der Technik orientiert

"Will these future machines be capable of having spiritual experiences? -They will certainly claim to.",

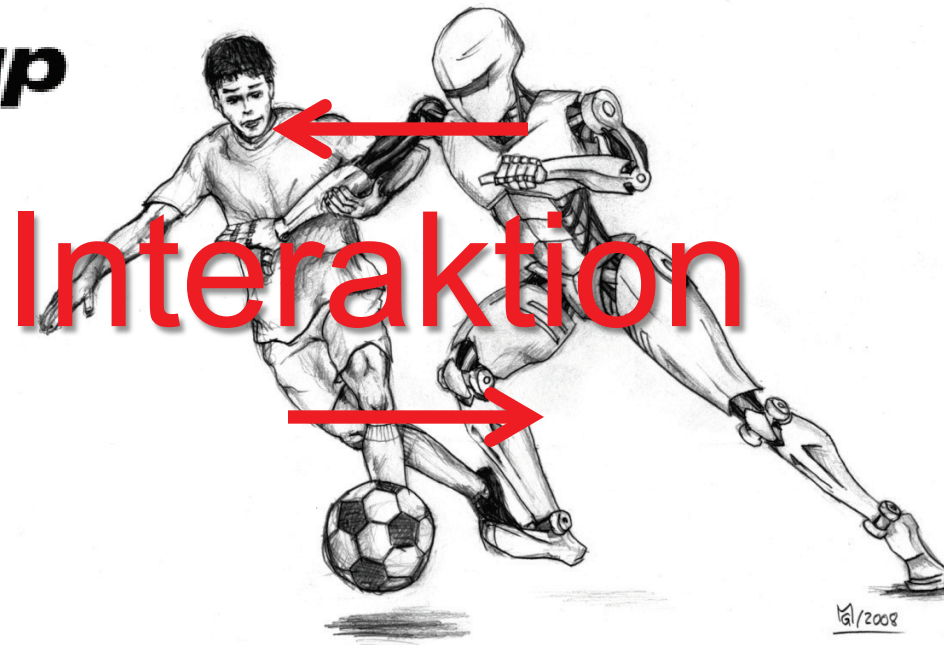
R. Kurzweil

The Law of Accelerating Returns, 2001, www.kurzweilai.net



"By mid-21st century, a team of fully autonomous humanoid robot soccer players shall win the soccer game, comply with the official rule of the FIFA, against the winner of the most recent World Cup."

H. Kitano and M. Asada, 1998



"By mid-21st century, a team of fully autonomous humanoid robot soccer players shall win the soccer game, comply with the official rule of the FIFA, against the winner of the most recent World Cup."

H. Kitano and M. Asada, 1998

S. Haddadin, T. Laue, U. Frese, S. Wolf, A. Albu-Schäffer, and G. Hirzinger. Kick it with elasticity: Safety and performance in human-robot soccer. *Robotics and Autonomous Systems*, Special Issue on Humanoid Soccer Robots, 57(8):761–775, 2009.

Ziele im RoboCup

langfristige "Heimat" für *B-Human* auf dem Weg zum Endspiel 2050

- Roboter-Wahrnehmung in einem echten Fußballspiel bis 2020 realisierbar

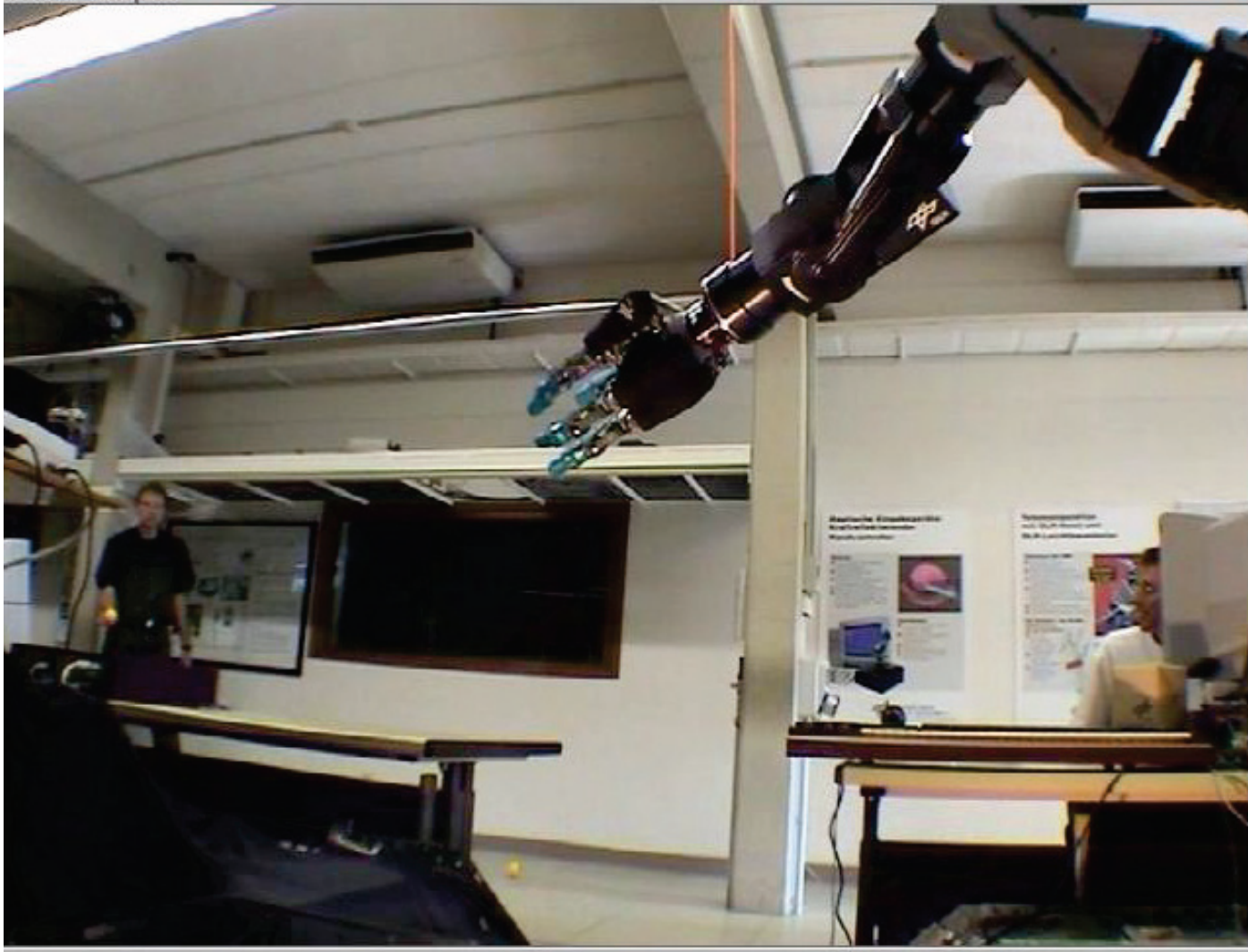
ΔPP
KNAPP.com

rch

B-Human



B-Catch



U. Frese, B. Bäuml, S. Haidacher, G. Schreiber, I. Schaefer, M. Hähnle, G. Hirzinger (2001).
Off-the-Shelf Vision for a Robotic Ball Catcher. IROS 2001




B-Catch

- Echtzeitbildverarbeitung und –bewegungsplanung für einen ballfangenden humanoiden Roboter
- Kooperation (2010-12)
DFKI / CPS und DLR



B-Catch Medienecho

- 330000 Abrufe auf YouTube
- ICRA 2011 Best Video Award Nominierung 
- Technologiema­gazine
 - New Scientist, IEEE-Spectrum, Wired, Engadged
- Nachrichtenma­gazine
 - Spiegel online, Focus online, CBSNews, Repubblica.it
- Fernsehen:
 - Daily Planet, Discovery Channel, 'Roboter' Sat1, ARD Mittagsma­gazin, ZDF pur+

Kognition und Sensorverarbeitung

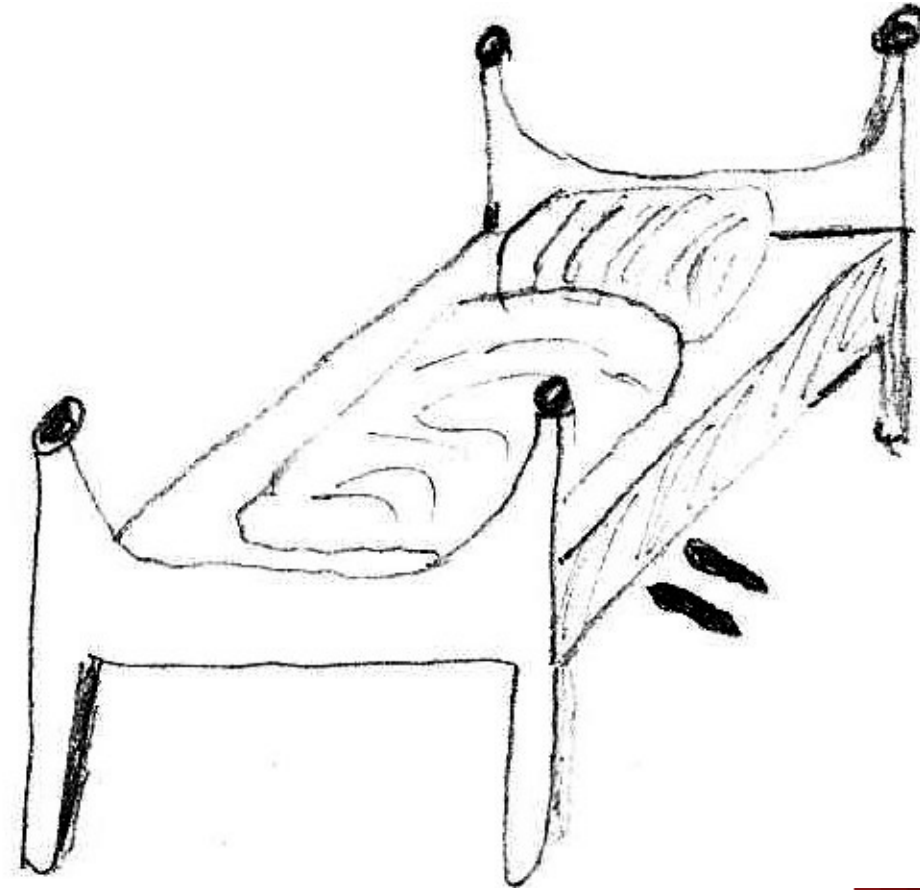
- Was ist das?

Quelle (Idee): S. Ullman, Sequence-seeking and counter streams: A computational model for bi-directional information flow in the visual cortex. *Cerebral Cortex*, 5(1) 1-11



Kognition und Sensorverarbeitung

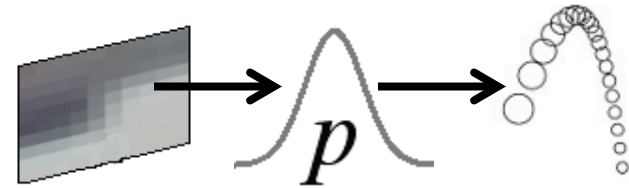
- Was ist das?



Quelle (Idee): S. Ullman, Sequence-seeking and counter streams: A computational model for bi-directional information flow in the visual cortex. *Cerebral Cortex*, 5(1) 1-11

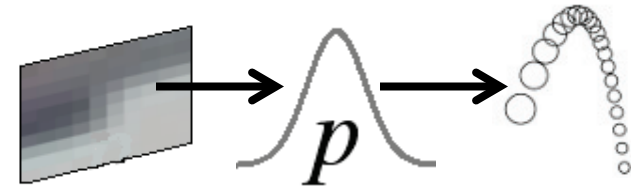
Kognition und Sensorverarbeitung

- klassisch "bottom-up"
 - erst Kreisdetektion
 - dann Sensorfusion mit Flugbahnmodell

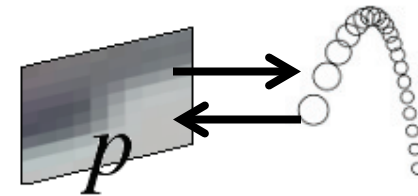


Kognition und Sensorverarbeitung

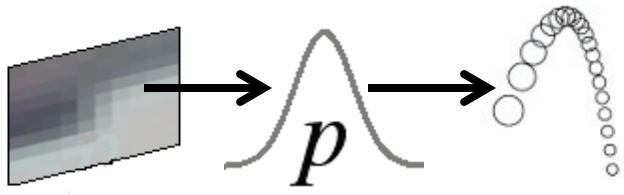
- klassisch "bottom-up"
 - erst Kreisdetektion
 - dann Sensorfusion mit Flugbahnmodell



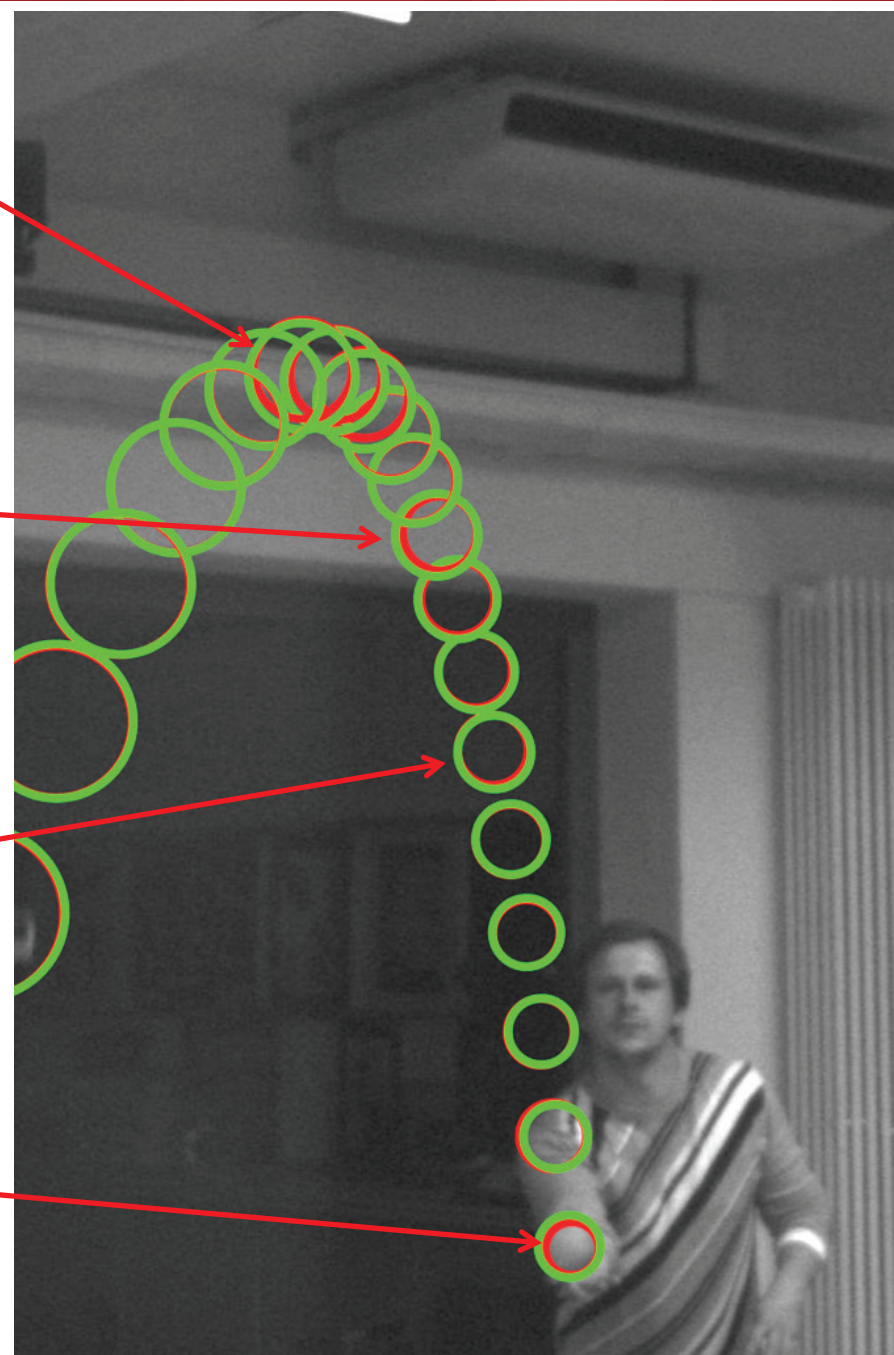
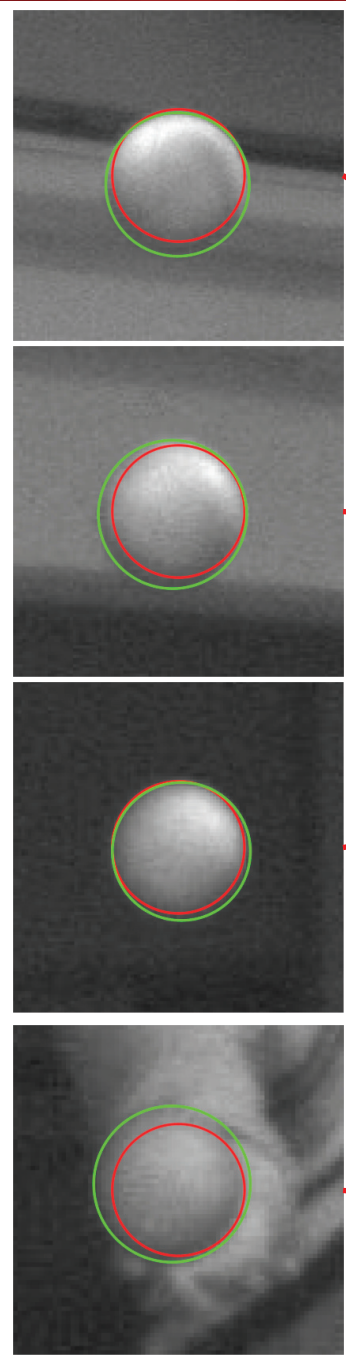
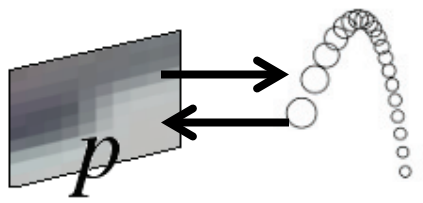
- kognitiv-vollprobabilistisch
 - Sensorfusion ist Detektion mit Flugbahnmodell als Kontext



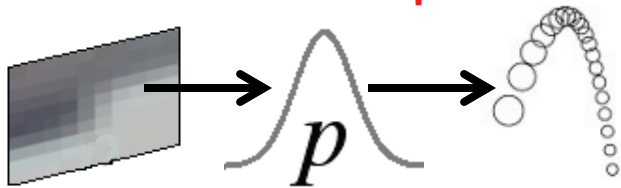
- klassisch-
"bottom-up"



- kognitiv-voll-
probabilistisch

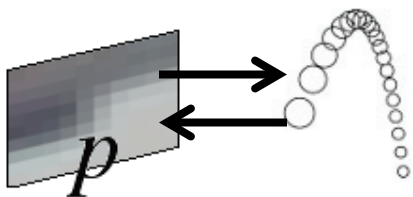


■ klassisch-
"bottom-up"

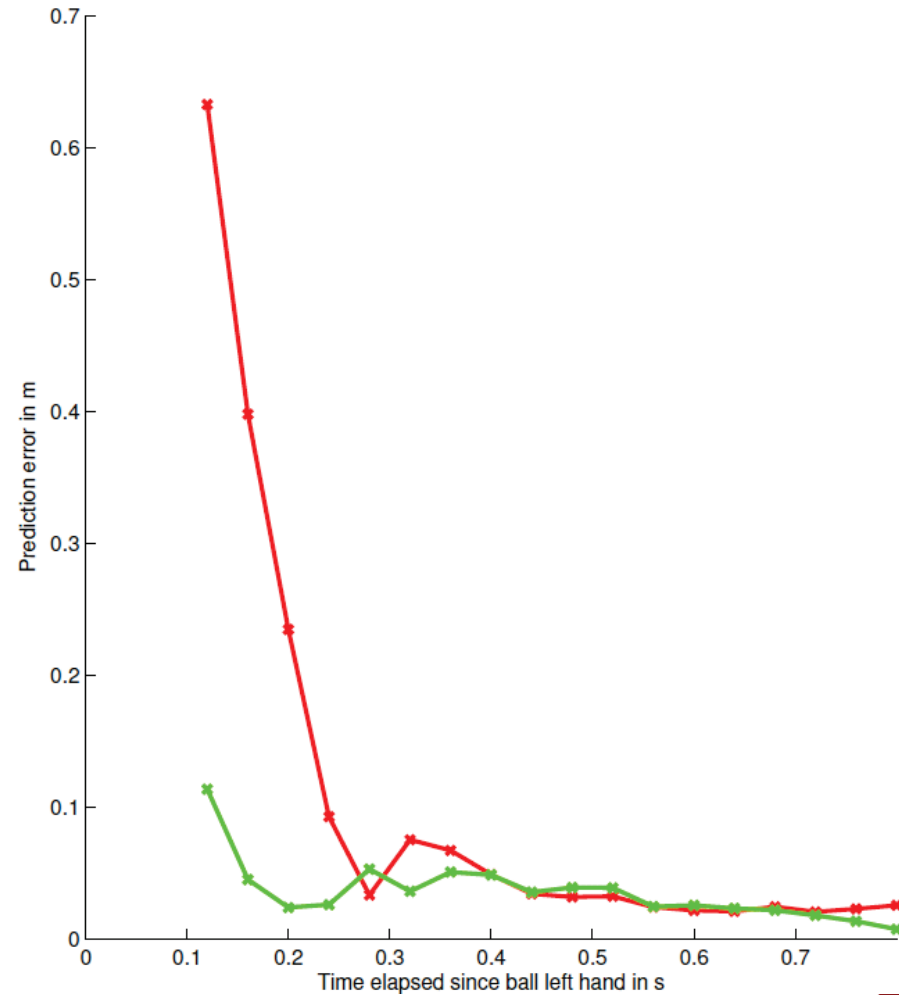
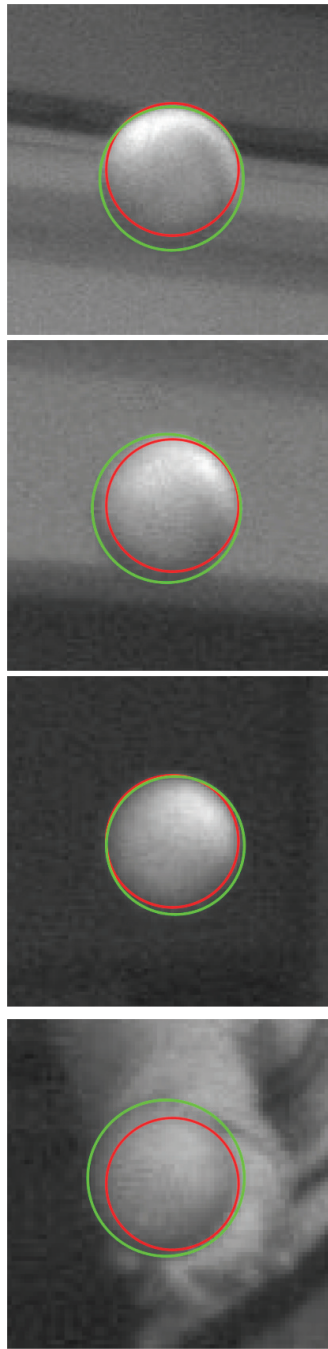


0.63m

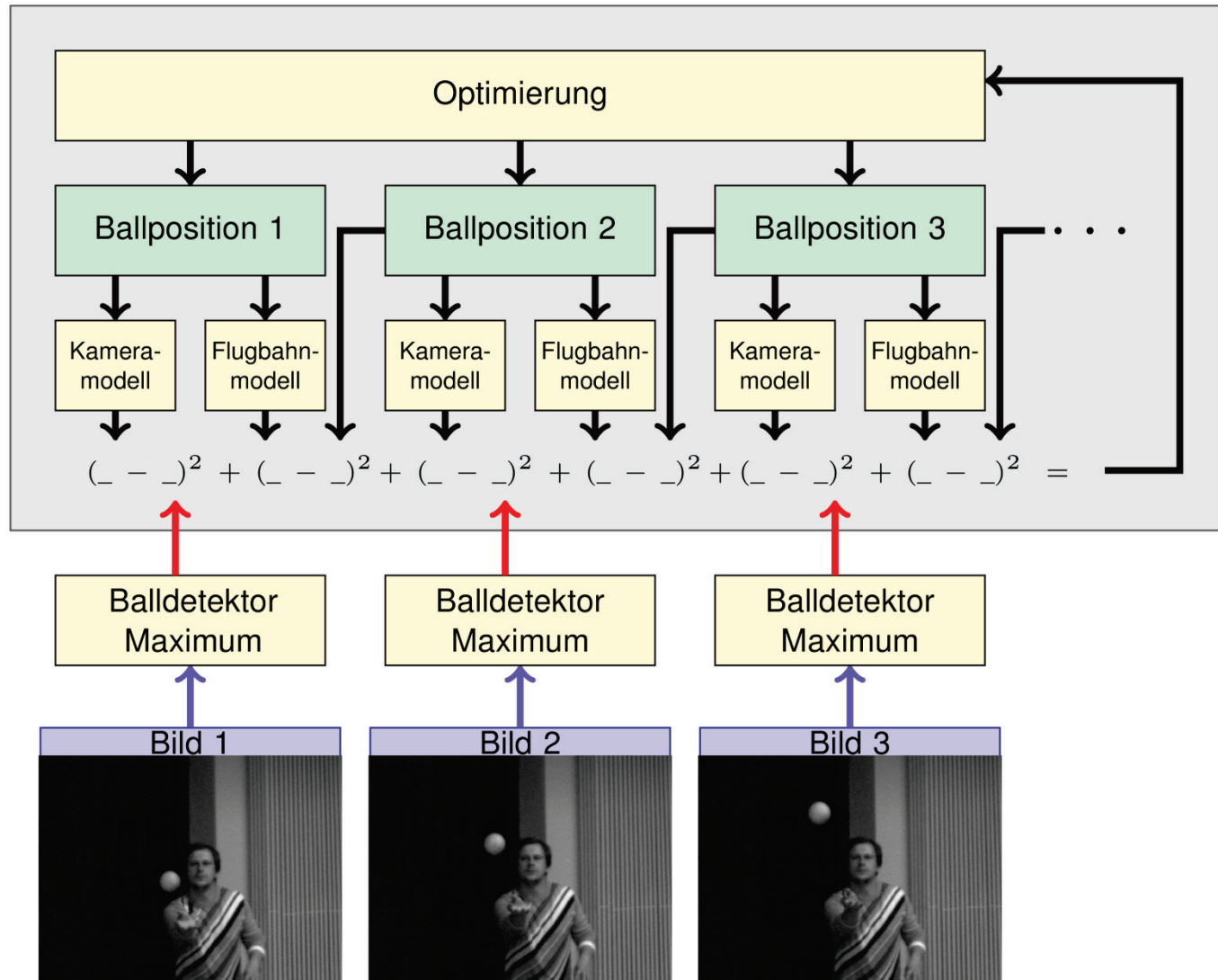
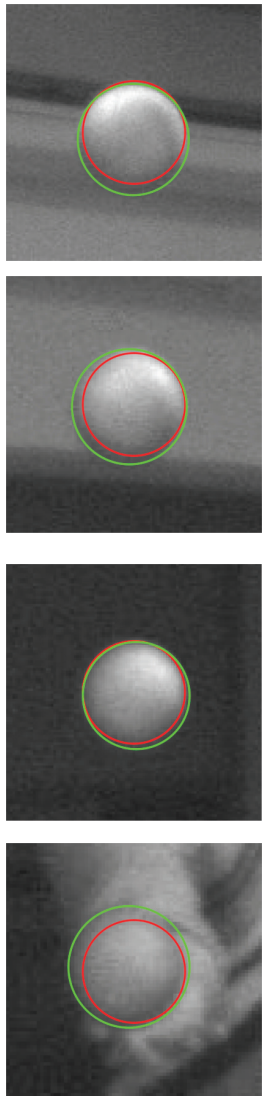
■ kognitiv-voll-
probabilistisch



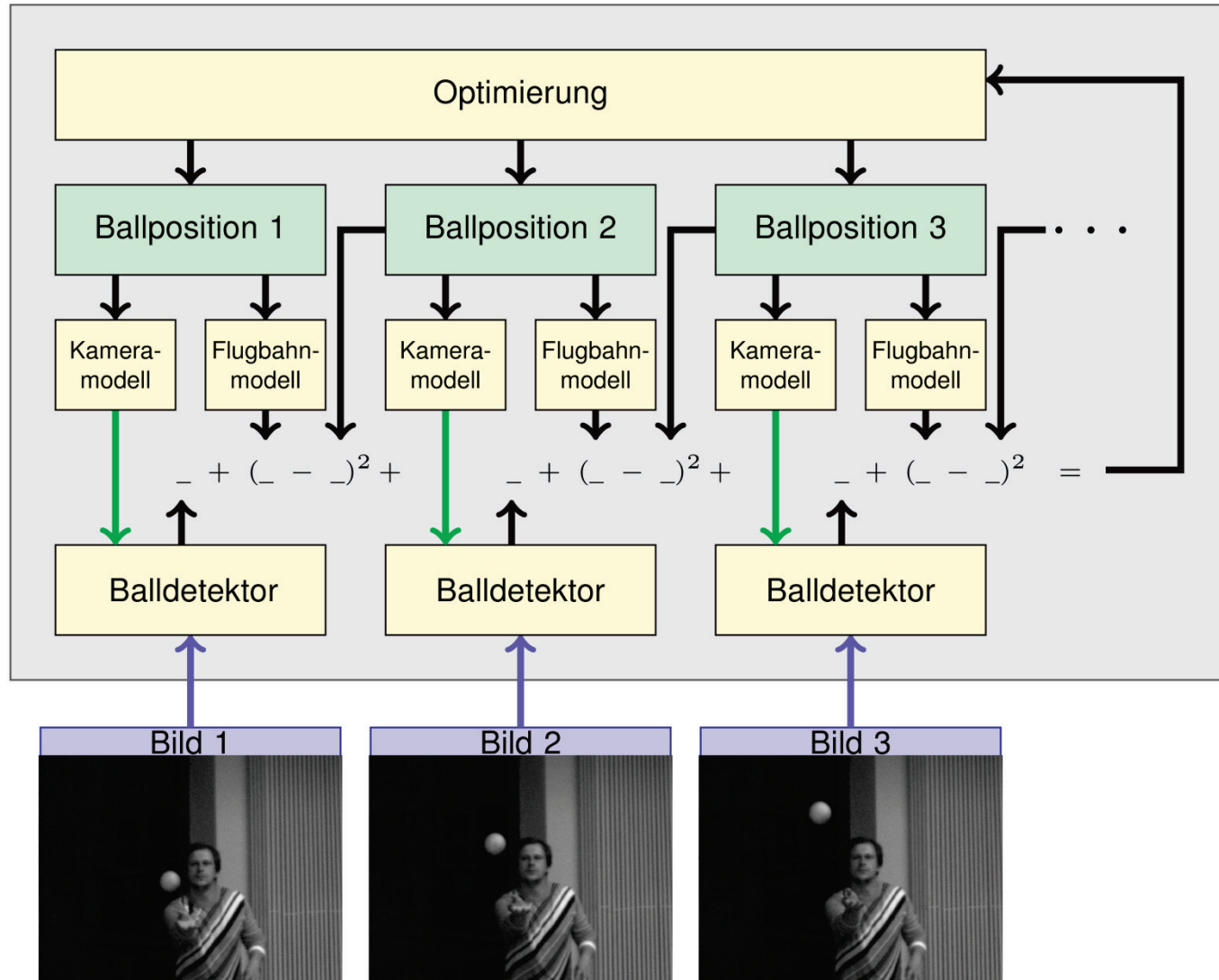
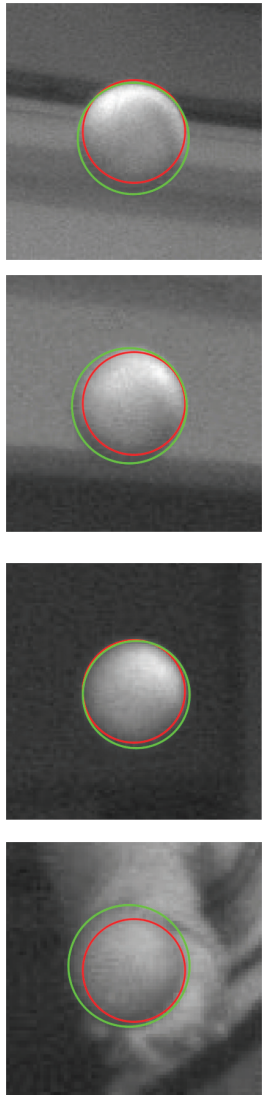
0.11m



"Bottom-up": erst Detektion, dann Sensorfusion mit Flugbahnmodell



Kognitiv-vollprobabilistisch: Sensorfusion ist Detektion mit Flugbahnmodell als Kontext



Sportliche Roboter

Ready for Business?



Interaktives Ballspiel



Interaktiv & interdisziplinär

Koordination: Tim Laue

- Balltracking
 - Oliver Birbach (Doktorarbeit)
- Steuerung & Aufbau Prototyp 1
 - Tobias Hammer (MA Informatik)
- (Interaktions-) Design
 - Ray Tzeng (MA Digitale Medien, HfK)



Interaktiv & interdisziplinär

- Steuerung Prototyp 2
 - Janka Wöbbekind (BA Systems Engineering)
- Personentracking
 - Behsam Asadi (MA Digitale Medien)
- Lernen der Schlagbewegung
 - zu gegebenem Zeitpunkt, an gegebener Position, mit gegebener Geschwindigkeit
 - Selbstmodell lernen
 - Zustandsregler lernen





Multisensorische Interaktive Systeme

$$\arg \max_x p(X = x | Z = z)$$

theoretisch fundierte und echtzeitfähige Algorithmen